УДК 616.71-001.5-089.227.855:616.71-003.93-092.9

**Ю.М. Ирьянов, О.В. Дюрягина, Т.Ю. Ирьянова**
*(ФГУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова Росмедтехнологий», г.Курган)*

# РЕПАРАТИВНОЕ КОСТЕОБРАЗОВАНИЕ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ МЕЛКИХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ПОМОЩИ МИНИФИКСАТОРА ДЛЯ ЧРЕСКОСТНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

Ключевые слова: чрескостный остеосинтез, минификсатор, лечение перелома, репаративное костеобразование, мелкие животные.

Введение

Чрескостный остеосинтез по Илизарову широко используется в ортопедии и травматологии, а также в ветеринарной хирургии для лечения переломов длинных и коротких костей [3-6, 8, 11]. Этот метод обеспечивает закрытую репозицию, стабильную фиксацию костных отломков и сохранение функции конечности на протяжении всего периода лечения [2]. При чрескостном остеосинтезе используются различные модификации аппарата Илизарова, однако значительная масса и конструктивные особенности таких устройств не позволяют применять их в эксперименте и ветеринарной клинике на таких мелких животных, как крысы. Вместе с тем, решение многих вопросов репаративной регенерации костной ткани, усовершенствования методов лечения и немедикоментозной коррекции при заживлении переломов костей, испытание различных стимуляторов репаративного костеобразования наиболее оптимально осуществлять в эксперименте именно на мелких лабораторных животных, в частности на линейных крысах при изучении репаративного костеобразования в условиях стабильного чрескостного остеосинтеза. Однако имеются лишь единичные работы, посвященные данному вопросу [1].

Цель работы - Изучение особенностей репаративного костеобразования при заживлении диафизарного перелома большеберцовой кости у крыс в условиях применения минификсатора для чрескостного остеосинтеза.

Материал и методы исследования

Эксперименты выполнены на 36 половозрелых крысах линии Вистар, с массой тела 340-390 г. Операции проводили с соблюдением правил гуманного обращения с животными (Report of the AVMA Panel on Euthanasia JAVMA, 2001) в асептических условиях операционной под общей анестезией (рометар 8 мг/кг и золетил 4 мг/кг, внутримышечно). В средней трети диафиза большеберцовой кости закрытым способом моделировали поперечный перелом и проводили операцию чрескостного остеосинтеза, используя разработанный нами минификсатор [9, 10] (рис. 1). Геометрическую конфигурацию и размеры минификсатора для каждого животного подбирали индивидуально. Общая масса минификсатора составляла 3-3,5 г.

Через 7, 14 и 21 сутки после перелома животных эвтаназировали внутрисердечным введением 1 мл 10 % раствора новокаина. На рентгеновском аппарате АРД-2 осуществляли рентгенологическое исследование. Рентгенограммы выполняли в прямой и боковой проекциях сразу после операции и после эвтаназии через 7, 14 и 21 сутки. Правую голень вычленяли в коленном и голеностопном суставах. Больше-

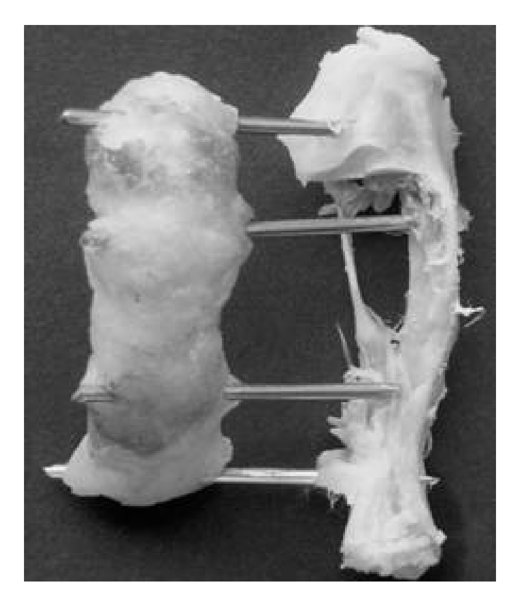
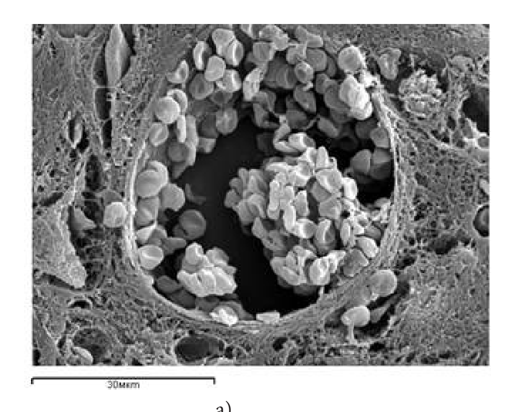


Рис. 1. Минификсатор, установленный на большеберцовой кости крысы. Свободные концы спиц погружены в быстротвердеющую рентгенопрозрачную пластмассу.

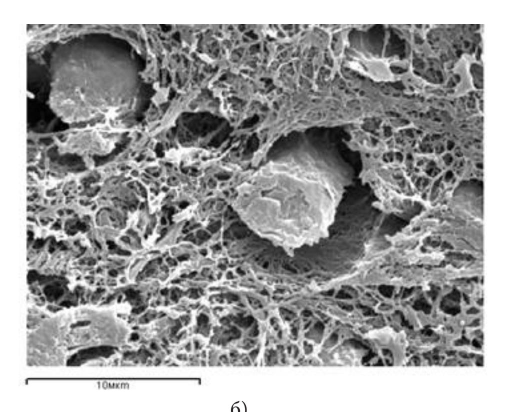
берцовую кость освобождали от параоссальных тканей, определяли степень подвижности отломков и проводили макроскопические исследования области перелома. Кость фиксировали в 2 % растворе параформальдегида и глутаральдегида, заливали в парафин (после декальцинации) и в аралдит (без декальцинации). Парафиновые срезы окрашивали гематоксилином-эозином и пикрофуксином по методу ван Гизон. Неокрашенные срезы (толщиной 15-20 мкм) напыляли сплавом платины и палладия в ионном напылителе IB-6 (Япония) и исследовали в сканирующем электронном микроскопе JSM-840 (Япония). Аралдитовые блоки костей изучали при помощи электронно-зондового микроанализатора INCA-200 (Англия) и получали изображения области перелома в характеристическом рентгеновском излучении кальция.

Результаты исследования

Через 7 суток после операции на рентгенограммах оперированной кости наблюдается выраженный диастаз, в котором у концов отломков появляются нежные облаковидные тени регенерата. Отмечаются признаки образования слабоконтрастных периостальных наслоений незначительной протяженности. При микроскопическом исследовании в области костных отломков выявляются участки организующейся гематомы, инфильтрированной лимфоцитами, нейтрофильными гранулоцитами, моноцитами, тучными клетками, макрофагами. В интермедиарной и эндостальной зонах регенерата выявляется, волокна и сгустки фибрина. Вдоль эндостальной поверхности отломков формируется слой грануляционной ткани, коллагеновые волокна которой образуют рыхлую крупноячеистую сеть с малодифференцированными фибробластами и многочисленными сосудами, в части которых выявляются пристеночные тромбы, состоящие из густой трехмерной фибриновой сети, с включенными в нее клетками крови (рис. 2а).




а)




б)

Рис. 2. Участок регенерата большеберцовой кости крысы через 7 суток после перелома и операции остеосинтеза. Пристеночное микротромбообразование в кровеносном сосуде (а) и формирование капиллярных иерминалей в периваскулярном пространстве (б). Сканирую.щая электронная микроскопаия.

В фибриновый матрикс врастают эндовазальные выросты эндотелиоцитов, после канализации которых формируются капиллярные терминали (рис. 2б). Вдоль эндостальной поверхности отломков располагаются новообразованные костные трабекулы, образующие эндостальное костное сращение (рис. 3). В надкостнице на расстоянии 1-2 мм от концов отломков отмечается пролиферация остеогенных клеток и формирование трабекул грубоволокнистой кости и небольших островков хряща, частично перекрывающих диастаз.

Через 14 суток после перелома в оперированной кости рентгенологически наблюдаются хорошо выраженные тени регенерата, особенно контрастные на периостальной поверхности (рис. 4).

Отмечается эндостальное костеобразование, выявляемое на рентгенограммах в виде уплотнений костномозговой полости концов отломков на протяжении 1-2 мм. Микроскопические исследования и электронно-зондовый микроанализ также выявили признаки периостально-эндостального сращения костными структурами, полностью перекрывающими диастаз (рис. 5а).

На 21-е сутки после перелома и операции остеосинтеза в контрольной группе животных рентгенологически опреде-

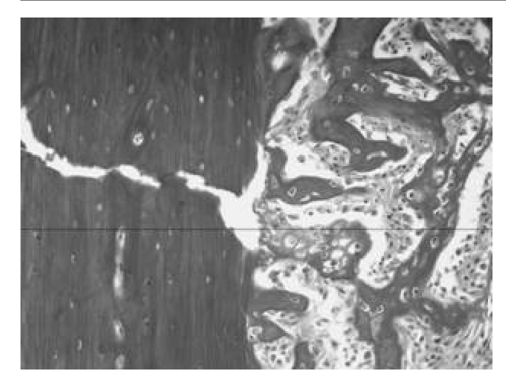
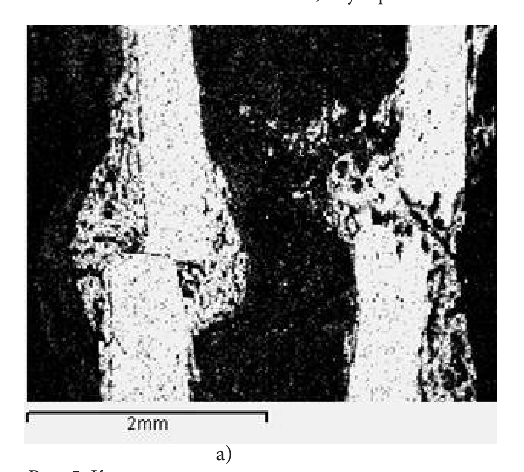


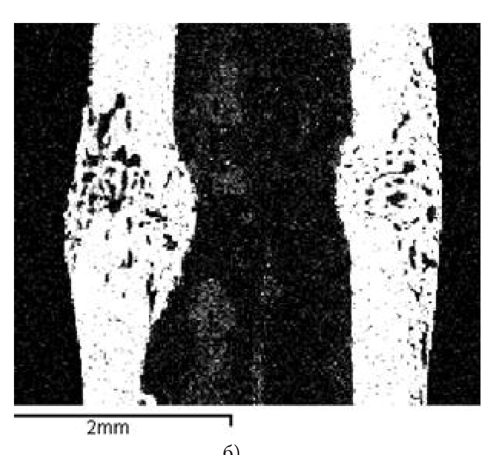
Рис. 3. Область стыка костных отломков большеберцовой кости крысы через 7 суток после перелома и операции остеосинтеза. Формирование эндостального костного сращения. Окраска по методу ван Гизон. Объектив 20, окуляр 15.



Рис. 4. Рентгенограмма большеберцовой кости крысы (прямая проекция): через 14 суток после перелома и операции остеосинтеза. Формирование эндостально-периостального сращения.




а)




б)

Рис. 5. Карты рентгеновского электронно-зондового микроанализа области перелома большеберцовых костей крыс: через 14 (а) и 21 (б) сутки после перелома и операции остеосинтеза. Полное периостальное, интермедиарное и эндостальное костное сращение, образованное узкопетлистой сетью костных трабекул с признаками компактизации на 21-и сутки. Изображения в характеристическом рентгеновском излучении кальция.

ляется хорошо выраженный регенерат, гомогенные тени которого перекрывают диастаз. Линия перелома практически не определяется. Контуры концов отломков сглажены. Тени эндостального регенерата в проекции сформированной единой костномозговой полости выражены слабо и определяются преимущественно вблизи концов отломков. Периостальные наслоения незначительны по толщине и протяженности, компактизированы. Макроскопические исследования показали отсутствие подвижности отломков. При электронно-зондовом и гистологическом исследовании определяется практически полное периостальное, интермедиарное и эндостальное костное сращение, образованное узкопетлистой сетью костных трабекул различной степени зрелости с явлениями компактизации (рис. 5б). В интермедиарном пространстве у концов отломков располагаются костно-остеоидные трабекулы, разделенные узкими прослойками рыхлой волокнистой соединительной ткани, содержащей немногочисленные сосуды. В кортикальном слое концов отломков располагаются расширенные сосудистые каналы, содержащие остеогенные клетки и остеокласты. Последние локализуются и в трабекулах губчатой кости регенерата.

Заключение

Проведенные исследования показали, что при лечении диафизарного перелома большеберцовой кости при помощи минификсатора для чрескостного остеосинтеза процессы заживления поврежденной кости протекают весьма активно, о чем свидетельствует раннее формирование регенерата в зоне повреждения, хорошо выраженное с эндостальной, периостальной по-

верхности и в интермедиарном пространстве, а также усиление перестроечных процессов. Одной из характерных особенностей заживления перелома является активный репаративный ангиогенез в регенерате, о чем свидетельствует интенсивное капилляробразование, выражающееся в формировании многочисленных эндовазальных эндотелиальных разрастаний, часть которых канализируется и превращается в капиллярные почки и терминали.

**Резюме**: В эксперименте на линейных крысах исследованы особенности репаративного костеобразования при заживлении диафизарного перелома большеберцовой кости в условиях применения разработанного авторами минификсатора для чрескостного остеосинтеза. Анализ рентгенологических и гистологических данных, результатов электронно-зондового микроанализа и сканирующей электронной микроскопии, показал, что процессы заживления поврежденной кости протекают весьма активно, о чем свидетельствует раннее образование регенерата в зоне повреждения.

**SUMMARY**
The characteristics of reparative osteogenesis have been studied experimentally in linear rats for tibial shaft fracture healing using the mini-fixator for transosseous osteosynthesis worked-out by the authors. Studying x-ray and histological data, the results of electron probe microanalysis and scanning electron microscopy has demonstrated that healing processes of the bone injured occur rather actively that is evidenced by early formation of regenerated bone in the zone of injury.

Keywords: reparative osteogenesis, mini-fixator

## Литература

1. Байбеков И.М., Ханапияев У.Х. Заживление переломов костей голени крыс и некоторые иммунологические показатели при магнитно-дазерной терапии и остеосинтезе по Илизарову // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2001. Том 131. № 4. С. 472-475.
2. Ерофеев С.А., Петровская Н.В., Кононович Н.А. Технология лечения переломов костей голени у мелких животных методом чрескостного остеосинтеза // Материалы Московского международного ветеринарного конгресса. М., 2003. С. 153-155.
3. Илизаров Г.А., Ирьянов Ю.М. Особенности остеогенеза в условиях напряжения растяжения // Бюлл. эксп. биол. и мед. 1991. № 2. С. 194-196.
4. Ирьянов Ю.М., Ирьянова Т.Ю. Морфологическая и функциональная характеристика грубоволокнистой костной ткани, индуцированной при удлинении конечности в условиях чрескостного дистракционного остеосинтеза // Российские морфологические ведомости. 2002. № 3-4. С. 77-80.
5. Ирьянов Ю.М., Ирьянова Т.Ю. Репаративное костеобразование при удлинении конечности в условиях чрескостного дистракционного остеосинтеза // Морфология. 2003. Том 123. № 3. С.83-86.
6. Кононович Н.А., Петровская Н.В. Технология проведения спицевых фиксаторов при чрескостном остеосинтезе костей голени мелких домашних животных // Ветеринарная патология. 2009. № 4 (31). С. 70-74.
7. Куприянов В.В., Миронов В.А., Миронов А.А., Гурина О.Ю. Ангиогенез. Москва, 1993. НИО «Квартет». 170 с.
8. Метод Илизарова и аппараты внешней фиксации в ветеринарной медицине / А.А. Шрейнер, [ и др.] // Гений ортопедии. 2001. № 3. С. 156-158.
9. Опора устройства для чрескостного остеосинтеза : патент 87900 Рос. Федерация. № 2009115336/22 ; заявл. 22.04.2009 ; опубл. 27.10.2009, Бюл. № 30.
10. Спица для остеосинтеза : патент 87899 Рос. Федерация. № 2009115323/22 ; заявл. 22.04.2009 ; опубл. 27.10.2009, Бюл. № 30.
11. Шевцов В.И., Ирьянов Ю.М. Остеогенез и ангиогенез при дистракционном остеосинтезе // Бюлл. эксп. биол. и мед. 1995. №7. С. 95-99.

## Контактная информации об авторах для переписки

**1. Ирьянов Юрий Михайлович** – главный научный сотрудник экспериментального отдела травматологии и ортопедии ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова», доктор биологических наук, профессор. 640020, г. Курган, ул. Куйбышева, дом 5, кв. 34. тел. (352-2)43-08-83; E-mail: irianov@mail.ru

**2. Дюрягина Ольга Владимировна** – заведующая клиникой животных ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова», кандидат ветеринарных наук.

**3. Ирьянова Татьяна Юрьевна** - научный сотрудник экспериментального отдела травматологии и ортопедии ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова», кандидат биологических наук.